

Parets de tàpia: avaluació quantitativa

Cal promoure i potenciar iniciatives orientades a la recuperació dels edificis construïts amb parets de tàpia i estudis que permetin projectar nous edificis amb aquest tipus de material amb funcions estructurals

Josep Baquer / © Fotos: Francesc Garcia i Josep Baquer





"El Mallo" Sant Hipòlit de Voltregà Façana Est. © Josep Baquer



Can San (Estany Ivars Vila-Sana) © Josep Baquer

En el camp de la rehabilitació, ens trobem sovint amb edificis centenaris construïts amb parets de tàpia, amb forjats convencionals, normalment de bigues de fusta i revoltos ceràmics o bé amb voltes ceràmiques. Malgrat que porten edificats tants anys, el tècnic sempre se'ls mira amb certa sospita perquè no disposa ni de normativa ni de criteri fiable de cara a fer una avaluació quantitativa que el permeti tenir una seguretat suficient a l'hora de projectar la reforma o la rehabilitació.

La pregunta que fa la propietat al tècnic sempre és la mateixa: "creus que es poden aprofitar aquestes parets?" Abans de respondre, el tècnic fa una inspecció general de l'edifici per tal de fer-se càrrec de l'estat de la tàpia amb criteri d'avaluació qualitativa i en general, de l'estabilitat aparent de tot l'edifici: si hi ha desploms, si hi ha zones molt humitejades, si hi ha esquerdes en la unió de les parets; l'estat dels estucs i arrebossats de calç, etc.

És evident que si hi ha moltes lesions, moltes humitats i superfícies degradades i això de forma generalitzada, la "mirada qualitativa" farà veure al tècnic que potser serà millor prescindir de les parets de cara a la reforma. Ara bé, si aquesta inspecció resultava favorable, el tècnic faria bé de plantejar-se l'aprofitament de les parets de tàpia existent

Si la inspecció resultava favorable, el tècnic faria bé de plantejar-se l'aprofitament de les parets de tàpia existent tant per raons de salvaguardar el patrimoni arquitectònic, com per criteris de sostenibilitat.

tant per raons de salvaguardar el patrimoni arquitectònic, com per criteris de sostenibilitat.

De cara al projecte, que ben segur que comportarà revisar i fer canvis en altres elements, o canvis de distribució o fins i tot canvi d'ús amb el que comporta de nous estats de càrregues, el tècnic haurà de fer una "avaluació quantitativa" per tal de posar xifres que el permetin assegurar la resistència real i efectiva de les parets de tàpia existents.

El camp de la rehabilitació d'edificis de parets de càrrega és complex en general, i si són de tàpia, encara més. En el present article jo només

em proposo d'abordar l'aspecte de la seguretat pel que fa a les parets treballant amb sol·licitacions normals. Podem saber, i hi ha normativa al respecte, a quant podem fer treballar a compressió l'obra de fàbrica, o els murs o pantalles de formigó, o fins i tot la fusta o les parets de carreus de pedra. Però no en tenim pel que fa a les parets de tàpia. El que sí sabem, és que arreu del món i en tot l'entorn mediterrani, la tecnologia de les "parets de terra" s'ha emprat secularment i que hi ha molts edificis i alguns de monumentals que al cap de molts segles, segueixen dempeus i sembla que plens de salut. Entenc que com a tècnics, no ens podem permetre el luxe de deixar-los de banda com a obsolets tot considerant-los només una relíquia del passat. Més, quan ens plantegem criteris de sostenibilitat, d'eficiència energètica, de qualitat acústica, etc, als edificis que volem projectar o que estem projectant. La bondat i adequació de la tàpia, pel que fa a aquests criteris és indiscutible.



Terreny Can San (Estany d'Ivars Vila-Sana) © Josep Baquer



Estuc Can San (Estany d'Ivars Vila-Sana) © Josep Baquer

■ Estudis previs

Tot i que és una obvietat, cal dir que la matèria primera per fer parets de tàpia, surt del terreny de l'entorn de l'edifici. Normalment, sobre uns fonaments de pedra, que potser s'enfilen una mica amunt a nivell de planta baixa, els operaris feien el que nosaltres en diríem uns encofrats lliscants, com uns caixons de fusta, com a mínim de 40 o 45 cm d'amplada, dins dels quals hi abocaven la terra pastada, tot just humitejada, per tal d'aconseguir una consistència plàstica. L'abocaven per capes que piconaven amb força per tal que tota la massa quedés ben compactada. De vegades l'operari feia aquesta operació des de dins, per això les parets havien de ser gruixudes: per permetre treballar des de dins.

Què fem, primer de tot, quan comencem el projecte d'una obra nova? Un estudi del terreny. Ens cal conèixer els diversos estrats i el tipus de materials que els conformen. En funció d'això, dissenyem la fonamentació. Sabem que hi ha terrenys de bona qualitat i també que n'hi ha de mala qualitat. Si ens plantejàvem una fonamentació superficial, ens interessa un coneixement de diverses capes que quedaran afectades per les sabates, començant per les més superficials.

En el cas d'un edifici existent, ens interessa sobretot conèixer la qualitat del terreny de les capes més superficials, que són les que segur que van subministrar la matèria primera de cara a pastar la terra.

Doncs bé, en el cas d'un edifici existent, bastit amb parets de tàpia, ens interessa sobretot conèixer la qualitat del terreny de les capes més superficials, que són les que segur que van subministrar la matèria primera de cara a pastar la terra. És per això que en una inspecció inicial cal fer un cop d'ull per veure el tipus de terreny de la zona. La tàpia només es pot fer a partir de material cohesiu, per tant els terrenys de l'entorn poden ser bàsicament de matriu argilosa o llimosa, amb més o menys contingut de grava i sorres, o nòduls calcaris, o fins i tot poden tenir una base de lutites o de

margues sobre les quals aquests materials, ja meteoritzats, tenen un aspecte més granular. Si a primer cop d'ull, ens n'adonem que la matriu és bàsicament llimosa i sorrencosa, podem deduir que les parets de tàpia són de molt mala qualitat i que ben segur, més valdrà no aprofitar-les. Per dues raons: per les baixes prestacions de la tàpia, i per la inestabilitat del terreny, sobretot pel que fa a les alteracions d'humitat.

Tots sabem que sobre capes de llims no s'hi poden fer fonaments. Però si la matriu és bàsicament argilosa, potser amb sorres i potser també amb nòduls calcaris, podem pensar d'entrada que la tàpia serà de bona qualitat i que caldrà aprofitar-la. En el primer cas, en inspeccionar l'edifici, ben segur que veurem unes parets degradades, en què la humitat hi ha fet estralls i que potser algú, al seu dia ja hi va fer substitucions amb obra de fàbrica. En canvi, en el segon cas, és molt probable que ens trobem unes parets fermes, amb bon estat, potser només afectades per humitats persistents a l'entorn de ràfecs amb mal estat de conservació o a l'entorn de canonades dels baixants que perden aigua pels junts. En aquests tipus de parets, és probable que encara s'hi aguantin els arrebossats i estucs centenaris.

■ Estudis de laboratori¹

De la mateixa manera que per fer els estudis geotècnics, fem sondejos per extreure mostres de terreny (fins i tot inalterades quan cal) i analitzar-les a laboratori, podem fer el mateix de cara a poder conèixer la "terra" amb què s'ha pastat la tàpia, en l'estat "actual". Val a dir que com en el cas dels estudis geotècnics, a partir dels assaigs que puguem fer de diverses provetes extretes de les parets de tàpia, no podem tenir *valors característics*, atès que difícilment podrem disposar d'una població suficient (nombre de prove-tes) des del punt de vista estadístic, que ens permetin arribar a calcular aquests valors. Quan treballem amb acer o formigó, sí que el punt de par-tença són els valors característics, calculats estadísticament a partir del nombre de provetes prescrites per la normativa.

Amb tot, en el cas de la "tàpia", sí que podrem arribar a uns valor fia-bles a partir d'assajos. Evidentment, com més se'n puguin fer, de més dades es podrà disposar de cara a assumir un determinat valor de cara al càlcul. De què depèn la "solidesa" d'un terreny? Bàsicament de la seva resistència a l'esforç "tallant", que depèn de dos components:

- El **frec** degut a la imbricació i el contacte entre les partícules indi-viduals
- La **cohesió**, deguda a l'adhesió entre les partícules.

Com sabem, aquests dos aspec-tes estan combinats a l'equació de Coulomb que calcula l'esforç tallant:

$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$ Representa la recta de Coulomb.

(1) Recomano l'estudi de: BHC Sutton. *Pro-blemas resueltos de MECÁNICA DE SUELO*. Cap. 4. Ed. Bellisco. Madrid
Jiménez Salas, Justo Alpañes. *Geotecnia y cimientos I*. Cap. 8. Ed. Rueda. Madrid

τ_f = resistència al tallant en la ruptura

c = cohesió (aparent) del material

σ = tensió normal total sobre el pla de tall

ϕ = angle de frec intern del material

La resistència deguda a la cohe-sió, se suposa que és constant, però la resistència de frec augmenta amb l'increment de la tensió normal σ

Aquestes dades, són les que ens interessa conèixer per poder establir quina sol·licitud normal (segons l'eix de l'element) produeix en el pla de màxima tensió (teòricament a 45° respecte l'eix normal) una tensió tallant que el material no pot supor-tar i en conseqüència es produeix la ruptura, precisament en aquest pla de màxima tensió.

A. Assaig triaxial

Descripció

L'assaig triaxial es fa a partir de dues provetes extretes del terreny (en aquest cas de la paret de tàpia).

La proveta és cilíndrica, amb una relació alçada diàmetre de 2/1 en sentit vertical. La mostra queda tancada dins d'una membrana de goma, que té unes pedres planes poroses, una damunt de la mostra i l'altre a la base. Aquest conjunt s'in-trodueix dins d'una cambra també cilíndrica que queda tancada. Un cop tancada s'omple d'aigua a la pressió requerida (pressió de cam-bra: σ_3). Per tant, inicialment la mos-tra està sotmesa a la tensió prin-cipal en totes direccions. S'aplica mitjançant un pistó de càrrega (que passa a través de la tapa de la cam-bra), una càrrega vertical que es va incrementant a règim de deforma-ció constant, fins que es produeix la ruptura de la mostra. El valor de la tensió normal de ruptura és σ_1 .

Com que la mostra ja estava sot-mesa a una pressió inicial σ_3 , per l'aigua de la cambra, la tensió ver-tical addicional aplicada mitjançant el pistó de càrrega serà: $\sigma_1 - \sigma_3$. A aquest valor se'l coneix com "des-viador de tensions".

Amb aquest aparell d'assaig tri-axial, s'hi poden fer tres tipus d'as-saigs segons calgui:



Equip assaig triaxial © Francesc Garcia

- **Assaig no drenat** (ràpid). No es permet que les pedres poroses drenin l'aigua intersticial de la mostra.
- **Assaig de consolidació sense drenatge**. A la proveta sotmesa a la pressió inicial (de cambra: σ_3) se li permet que dreni l'aigua intersticial a través de la pedra porosa de la base de manera que el material es consolida. Quan la pressió intersticial esdevé zero, s'impedeix que segueixi drenant, i se la sotmet a compressió fins a la ruptura.
- **Assaig lent drenat**. Es permet el drenatge com en el cas anterior. S'aplica la càrrega vertical a un ritme de creixement lent, que permet el drenatge pràcticament total de l'aigua intersticial, fins arribar a la ruptura.

En el cas de provetes extretes de parets de tàpia, el que interessa és el primer tipus. Per què? Perquè el contingut d'aigua intersticial acostuma a ser mínim, si la paret es veu "sana", i per tant no impedeix que els grans estiguin en contacte i rebin tota la pressió que s'exerceix, tan en fase de pressió de cambra, com en fase de càrrega del pistó. Però per estar-

ne més segurs, cal haver analitzat la mostra per saber el grau exacte d'humitat (W). Això ho sabrem a partir dels assaigs dels límits d'Atterberg que després comentarem. I ens interessa per una segona raó: perquè la massa, sovint pastada fa un segle, està més que consolidada, i per tant, amb tots els grans en contacte els uns amb els altres, deixant al·lèols d'aire, pels que hi transita l'aigua intersticial per l'interior i fins a la superfície.

Atès doncs que optem per l'assaig no drenat (ràpid), sotmetem la primera mostra a una tensió inicial (aigua de la cambra σ_3) normalment de 200 kN/m², i la sotmetem a una tensió de compressió fins a la ruptura (σ_1). Amb aquestes dues dades, definim un primer cercle de Mohr situant a l'eix de les abscisses ambdós valors. Fem el mateix amb els resultats de la segona proveta sotmesa a una pressió inicial de cambra de 400 kN/m².

Resolució gràfica

Cal fer una anotació o aclariment pel que fa als signes en l'aplicació del cercle de Mohr. En resistència de materials, les traccions sempre es consideren positives i les com-

En resistència de materials les traccions sempre es consideren positives i les compressions negatives. En el cas de la geotècnia, els signes van al revés.

pressions negatives. En el cas de la geotècnia, els signes van al revés: les compressions es consideren positives i les traccions negatives. També passa el mateix amb les deformacions: les expansions en geotècnia tenen valor negatiu i les minves de volum o de deformació tenen valor positiu. Per això el cercle de Mohr de l'assaig triaxial, es situen a la zona positiva de les abscisses.

Un cop traçats els dos cercles, es situa una recta tangent per la part superior, que té una inclinació determinada, i que talla l'eix d'ordenades. És la recta de Coulomb, d'equació definida anteriorment, amb un angle respecte a l'abscissa que és el

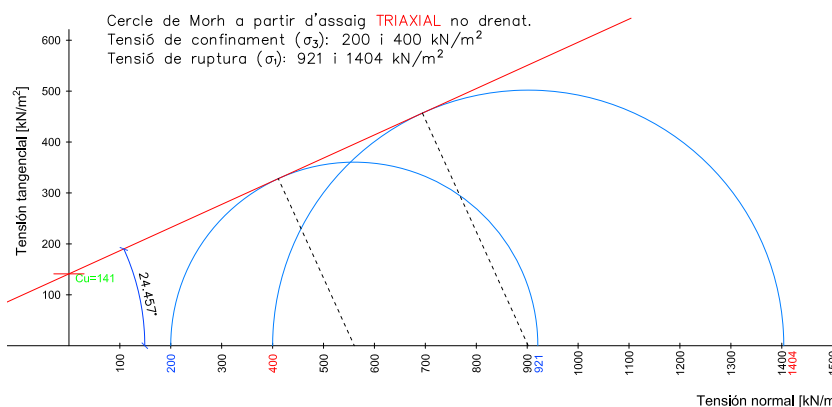


Fig.1

Assaig triaxial
© Francesc Garcia

de frec intern, i una tensió tangencial corresponent a una tensió de compressió "zero" (intersecció amb l'ordenada) que és la cohesió. En el cas de la mostra de tàpia, es pot considerar tensió efectiva (c_v) per la raó explicada anteriorment: perquè es tracta d'un material consolidat en que les partícules o "grans" de matèria, estan en contacte, sense que la humitat intersticial afecti aquest contacte.

Un cop definida la recta de Coulomb, podem traçar tants cercles com vulguem, a partir de pressions de cambra preestablertes. Cada cercle, ens definirà la tensió de ruptura esperada. També podem definir un cercle que ens interessa especialment: el cercle que té una pressió inicial de cambra de valor zero. El traç del cercle corresponent, tangent com tots a la recta de Coulomb, ens definirà el valor de ruptura de la mostra en aquests estat.

Per què ens interessa aquest valor? Perquè és el que defineix una mostra en situació no confinada. Normalment, el terreny sota les sabates i elements de fonamentació està confinat, i com més ho estigui millor es comportarà. Per això és tan important que les sabates dites "superficials", siguin el menys superficials possibles, perquè com més "confinat" estigui el terreny, més resistència tindrà pel que fa al punt de ruptura.

Resolució analítica

A partir de l'equació de la recta de Coulomb ja definida pel sistema gràfic, la tensió de ruptura corresponent a qualsevol tensió inicial de cambra es pot resoldre analíticament per la següent fórmula deduída per geometria, sent σ_1 la tensió de ruptura, σ_3 la tensió de cambra inicial i ϕ l'angle de frec intern.

En el cas que la tensió de cambra sigui $\sigma_3=0$, s'anul·la el primer monomi.

$$\sigma_1 = \sigma_3 \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \right) + \frac{2c \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

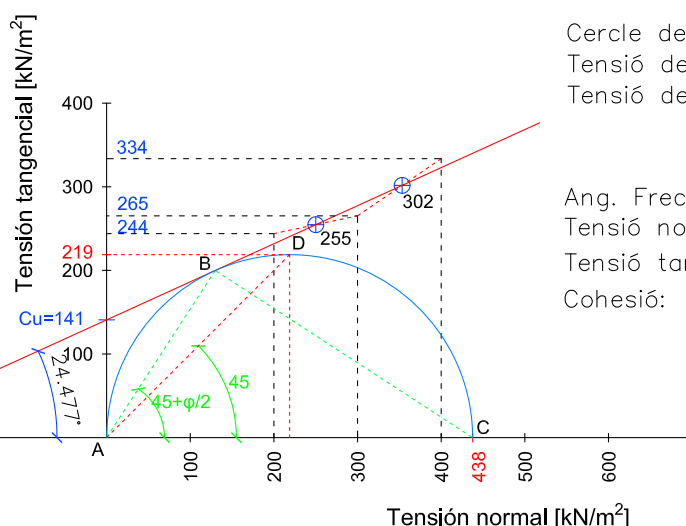
Provetes de paret de tàpia

El cas de les parets de tàpia és especial en aquest sentit. Per què? Perquè qualsevol gra o element del material està confinat en un sentit (el pla paral·lel a les cares de la paret) però no en l'altre (el pla transversal de la paret). Per això, el cercle que ens dona el resultat més ajustat a la realitat, és el que es traça a partir de l'origen de coordenades i que té com a diàmetre el valor de la tensió de ruptura. Podríem dir que un cop traçada la recta de Coulomb, per a una tensió de cambra de valor zero, la tensió de ruptura esperada és la corresponent a la intersecció del cercle de Mohr que passa pel punt (0,0) i és tangent a la recta de Coulomb.

Aquest valor és el que hauríem de considerar per definir quin és el **límit últim** de ruptura per compressió de la tàpia de l'assaig. Evidentment, com deia més amunt, com més assajos puguem fer i de més parets de l'edifici, més podrem ajustar aquest valor a la realitat. Díficilment podrem arribar a definir un valor estadístic "característic": hauríem de fer maça assaig i això normalment no és viable.

La dificultat rau en poder arribar a un **valor de càlcul** per aplicació d'un coeficient reductor. En els materials habituals que emprem per projectar "obra nova" això està normalitzat. Acostumen a ser coeficients que penalitzen molt. Penalitzen en funció de les incerteses en tot el procés, des de la fabricació fins a la posada en obra. Suposem el cas del formigó: quan es projecta no se sap quines seran les condicions en el procés de fabricació de la mescla, com es farà el transport ni quanta estona durarà, com s'abocarà a obra ni quant temps durarà, com es farà el vibrat, com es curarà, si es formigonarà en temps fred o càlid, o amb les presses del final de setmana.

En el cas de l'acer hi ha menys incerteses no obstant i això, en el cas dels "nusos" soldats o cargolats també cal preveure incerteses i per això el coeficient reductor augmenta. Ara bé: ¿quines incerteses hi ha



Cercle de Mohr a partir d'assaig de **TALL DIRECTE**
Tensió de confinament (σ_3): 0.00 kN/m²
Tensió de ruptura (σ_1): 438 kN/m²

Ang. Frec Intern: $\phi=24.47^\circ$
Tensió normal de ruptura: $\sigma=438$ kN/m²
Tensió tangencial max. (plano 45°) $\tau=219$ kN/m²
Cohesió: $C_u=141$ kN/m²

Fig. 2

quan del que es tracta és d'avaluar un material existent i més encara si el material en qüestió està en bon estat i aparentment en bones condicions de servei? N'hi ha poques: el material és el que és i té la resistència que té que caldrà verificar amb extracció de provetes testades estadísticament. Potser es podrà arribar a determinar resistències característiques a partir de l'anàlisi d'una població estadística suficient si s'escau. Això passa en comptades ocasions.

Aquest és el cas pel que fa a poder determinar una resistència de càlcul fiable en el cas de les parets de tàpia "centenàries". Pel que s'ha descrit fins ara sembla fàcil arribar a determinar resistències últimes a partir dels assajos triaxials. Per arribar a resistències de càlcul caldrà aplicar coeficients "raonables". Probablement de l'ordre de $k=1,2$ ó $k=1,3$, aplicat al resultat més desfavorable dels assajos que s'hagin pogut fer. Però això ha de ser a partir del criteri del tècnic que assumeixi la responsabilitat del projecte de rehabilitació.

B. Assaig de tall directe

Hi ha un tipus d'assaig alternatiu al *triaxial no drenat*, que esdevé potser més senzill de fer a laboratori,

que és el de *tall directe*. Resulta adequat quan, com és el cas del material provinent d'una paret de tàpia, es tracta de sols consolidats, amb un baix contingut d'humitat intersticial i que han de treballar a pressions no massa significatives. Aquest tipus d'assaig és vàlid per a sols cohesius i no cohesius. En el cas de la tàpia, evidentment, sempre es tracta de material provinent de sols cohesius.

Així com per a fer l'assaig triaxial calia disposar de dues provetes per poder traçar dos cercles de Mohr a partir de dues pressions de confinament diferents, en el cas de l'assaig de tall directe, cal trencar tres provetes per poder arribar a definir la recta de Coulomb. (Fig 2).

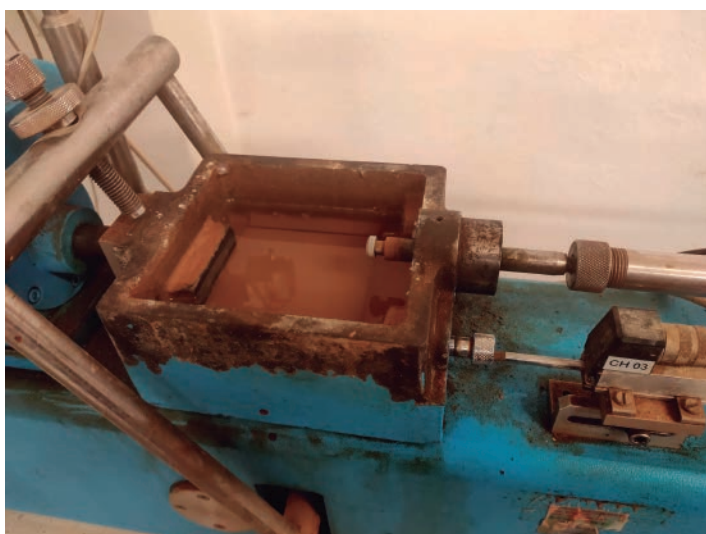
L'aparell ve a ser una mena de mordassa que reté la mostra de terreny enmig, de manera que per una banda se la pot sotmetre a una compressió predefinida, constant, i per una altra banda, l'element superior es pot desplaçar en sentit horitzontal, de forma controlada, de manera que provoca en la proveta una esforç de cisalla. Es mesuren les tensions i les deformacions fins arribar a la ruptura.

Cadascuna de les tres provetes se la sotmet a una compressió estàndard: la primera a 200 kN/m²,

la segona a 300 kN/m² i la tercera a 400 kN/m². A cadascuna d'aquestes compressions a què se sotmet la proveta, li correspon una tensió tangencial de ruptura.

Les escales dels eixos són les mateixes, com era el cas de l'assaig triaxial. A cada assaig, li correspon un punt d'intersecció. Per tant, es situen tres punts que no defineixen una recta, però que estan entorn d'una línia que caldrà definir geomètricament, a base d'interpol·lar linealment un punt mig entre cada parella de punts. Aquests dos punts seran els que definiran la recta de Coulomb. Els resultats de l'assaig de tall directe i del triaxial no drenat pràcticament coincideixen. Per això molt sovint, per la senzillesa que comporta, s'acostuma a optar per l'assaig de tall directe.

Un cop definida l'equació de la recta de Coulomb, podem dibuixar els cercles de Mohr que ens convinguin corresponents a tensions inicials de confinament. Com s'acaba d'explicar, pel que fa a les provetes de paret de tàpia, el que interessa és el cercle que passa per una tensió inicial $\sigma_3=0,00$ kN/m². Gràficament o bé emprant la fórmula abans esmentada es defineix la tensió de ruptura del material en situació no confinada.



Equip assaig de tall directe @ Francesc Garcia



Assaig de tall directe @ Francesc Garcia

Per dibuixar el cercle de Morh, com és sabut, cal traçar un segment de recta AB (Fig 2) amb un angle respecte a l'eix d'abscisses $[45+\phi/2]$. Des del punt B, un altre segment BC a 90° . El punt C correspon a la tensió de ruptura.

El Cercle de Morh, ens permet conèixer per a cada pla inclinat (la traça del qual passa pel punt A, d'intersecció del cercle amb l'abscissa) respecte al pla horitzontal, a quina tensió tangencial està sotmès. El pla de màxima tensió tangencial és el que està a 45° . És per això, que la ruptura de qualsevol element estructural sotmès a compressió, pilar, pantalla, paret, etc, si arribava a trencar ho fa a causa (induïda) de la tensió tangencial (en un pla a 45°) que supera la tensió assumible pel material.

Tant si la recta de Coulomb es defineix a partir d'assajos triaxials, o de tall directe, la resolució pot ser gràfica o analítica.

C. Altres assajos

Granulometria

Com en el cas de qualsevol terreny que es vulgui analitzar, també en el cas de les parets de tàpia, convé conèixer la composició del

material, com dèiem a l'inici de l'article, de cara a poder qualificar la seva major a menor adequació per a treballar estructuralment.

Les matrius llimoses-sorrenco-ses són aglutinants molt inestables i per tant de mala qualitat a efectes estructurals, tant per la poca resistència com pel fet que els afecta desproporcionadament l'alteració de la humitat intersticial.

Les matrius argiloses són molt més fiables. Es van compactant amb el temps i s'endureixen adequadament. Sovint tenen nòduls calcaris que en contacte amb l'aigua es dissolen superficialment i calcifiquen la massa, endurint-la encara més.

Normalment, com deia més amunt, en una primera observació de les parets i del terreny de l'entorn, un tècnic amb certa experiència ja es pot fer càrrec de la qualitat de la tàpia, que després haurà de confirmar el laboratori.

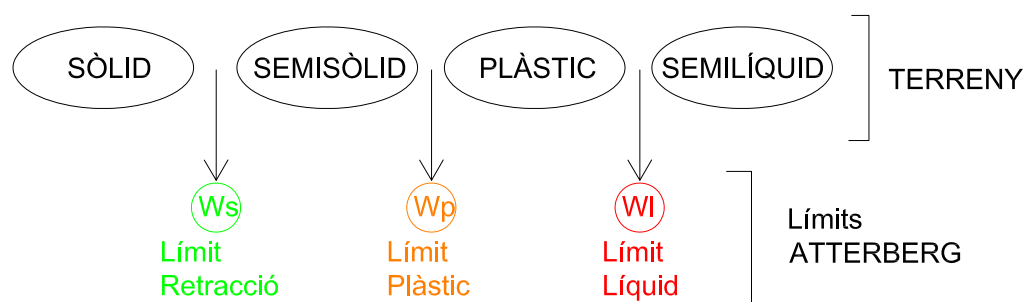
Límits d'Atterberg

Interessa conèixer la corba granulomètrica (percentatges de graves i sorres i de fins) que com se sap "arriba" fins al pas del sedàs de 80mm. Aquest pas de malla, deixa "passar"

tots els "fins" (veure Fig 4: classificació de "Casagrande"), bàsicament llims i argiles. A partir d'aquest punt cal fer altres analítiques per tal de conèixer la composició dels "fins". La més comuna és la de definir els límits d'Atterberg (Fig 3) que ens permeten conèixer la consistència (qualitat) del material. El present article no pretén desenvolupar aquest tema que es pot consultar a qualsevol manual de geotècnica. Però té la seva importància conèixer el percentatge d'aigua intersticial que defineix tant el límit plàstic (W_p) com el límit líquid (W_L) per tal de conèixer l'índex de plasticitat: $I_p = W_L - W_p$

L'assaig es fa a base de dessecar la mostra per anar-la pastant tot seguit afegint-li un determinat percentatge d'aigua. El límit plàstic permet fer una mena de barreta, com si fos "plastilina", que es pot deformar sense que es trenqui. Afegint-hi més aigua, s'arriba al límit líquid, al punt (percentatge d'aigua) que la pasta deixa de ser consistent.

Com més a prop es situïn els dos índex (índex de plasticitat baix) voldrà dir que poc increment d'humitat sobre la massa que s'assaja li fa perdre la consistència. Això passa quan predominen els llims. En canvi, quan aquests índex de plasticitat sigui més elevat, voldrà dir que un incre-



CLASSIFICACIÓ DE LES PARTICULES DEL SÒL PER LA SEVA MIDA
DIN 4022

mm	GRAVES			SORRES			LLIMS			mm
	GROS	MITJÀ	FI	GROS	MITJÀ	FI	GROS	MITJÀ	FI	
60	20	6	2	0.6	0.4	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002
				Casagrande						
							80μ			2μ

ment d'humitat, gairebé no afecta la massa. És el cas de materials amb matriu argilosa predominant.

Aquest aspecte és molt important a l'hora de qualificar i avaluar una paret de tàpia.

Sobre el terreny, d'alguna manera ja es pot saber la qualitat d'un terreny de forma aproximada. Si es fa una mica de fang i es va masegant amb els dits, les argiles tenen un tacte untuós, atesa la seva estructura laminar i la dimensió de les seves partícules. En canvi els llims, tenen un tacte aspre, perquè de fet són sorres de gra molt petit.

■ Parets de càrrega

Amb totes aquestes dades voldria tornar al principi. El que ens estem plantejant és la possibilitat d'arribar a saber a quant podem fer treballar (a compressió) les parets d'edificis centenaris (o potser només de 60 o 70 anys) quan volem projectar la reforma o rehabilitació d'un edifici. Estem parlant de com arribar a concretar una xifra. Per això he proposat una línia de treball d'anàlisi del material per referència als estudis geotècnics del terreny a què ja estem avesats i coneixem prou bé.

Voldria fer unes consideracions evidents però que poden ajudar. Les parets de tàpia sempre són molt gruixudes: com a mínim de 40 cm, i n'hi ha que arriben a un metro o potser més. Per això, quan cal verificar-ne quantitativament l'estabilitat, el "guerxament" no acostuma a ser rellevant. Sí que cal verificar les tensions en cas de desploms fent una aplicació "ràpida" del teorema de Navier, perquè es poden concentrar tensions importants a una de les cares de la paret, unes tensions que podrien superar les assumibles.

La densitat a considerar, és de: $\delta = 1,7 \text{ T/m}^3$, per tant, la tensió a nivell de fonaments deguda al pes

propi, per a una edifici de tres plantes (suposem una alçada de 10m) serà de: $\sigma = 1,7 \text{ kg/cm}^2$. Suposem el cas (real: d'un edifici rehabilitat) de la Fig 2, en què s'ha definit la tensió de ruptura a compressió de 4.38 k/cm^2 , si li aplicàvem un coeficient de minoració de $k=1,25$, la tensió de càlcul seria: $\sigma_d = 3.50 \text{ kg/cm}^2$.

Fent números rodons: la tensió deguda al pes propi al nivell del primer sostre, amb sis metres de mur al damunt, seria de: $\sigma_p = 1,00 \text{ kg/cm}^2$.

La tàpia sempre ha de poder "respirar": mai no se la pot impermeabilitzar ni amb arrebossats de morter de portland, ni amb pintures plàstiques.

Li resten encara $2,50 \text{ Kg/cm}^2$ per a suportar els sostres i la coberta. Suposant que la paret sigui de 45 cm de gruix, voldria dir que cada metro lineal de paret podria suportar $N=11,25$ tones. Els edificis de parets de tàpia tenen crugies de com a molt 5m, i molt sovint de 4m. Encara que es vulguin substituir els sostres originals, normalment de bigues de fusta, revoltos i paviment ceràmic, per lloses de formigó o per forjats mixts aprofitant les bigues de fusta en bon estat, difícilment s'arriba a exhaurir la capacitat de càrrega de les parets de tàpia, fins i tot amb sobrecàrregues d'ús de fins a 500 daN/m^2 .

El que sí s'haurà de tenir en compte és l'estabilitat global de l'edifici i per tant el travat de les parets (tema que no puc abordar en aquest article) i des d'un punt de vista constructiu, tot el que fa referència a la protecció de les parets de tàpia sempre

amb morters de calç i sorra classificada, que permeti el transvasament hídric de la humitat intersticial. La tàpia sempre ha de poder "respirar": mai no se la pot impermeabilitzar ni amb arrebossats de morter de portland, ni amb pintures plàstiques. Si s'impedeix el transvasament hídric, les humitats es concentren i modifiquen les condicions de cohesió del material, minvant-ne evidentment la resistència.

■ La tàpia en obra nova

Alguns equips d'arquitectes, de fa uns anys, comencen a projectar edificis amb parets de tàpia, tot recuperant l'ancestral tecnologia, a zones en què el terreny és de molt bona qualitat per aquest tipus de construcció. Al Pla d'Urgell hi ha bones iniciatives al respecte, atès que aquesta plana al·luvial té com a materials bàsics les argil·lites i els gresos. Encara hi ha molts edificis rurals de parets de tàpia, alguns en bon estat de conservació i d'altres més deteriorats per manca de manteniment. A l'octubre del 2019, a Mollerussa, es va convocar el *Primer Congrés de Construcció en Tàpia* i, al febrer del 2020 un *Segon Congrés sobre el Patrimoni de la Tàpia*. Esperem que se'n puguin fer més per tal d'animar els tècnics a recuperar i rehabilitar edificis de tàpia i també per a projectar-ne de nous amb aquest tipus d'element estructural.

A tocar l'estany d'Ivars Vila-Sana, el nou edifici d'Informació, Can Sinén, s'ha fet amb parets de tàpia que recobreixen l'estructura. Les façanes s'han deixat al descobert sense protecció de morter ni estucs de calç. De fet, abans, les parets sempre es protegien amb aquests tipus de morter, de sorra ben classificada, que protegien la tàpia i permetien el transvasament hídric.

Entenc que val la pena recuperar aquesta tecnologia per les raons que ja he pogut comentar al llarg



Can Sinen (Estany d'Ivars Vila-Sana)
@ Josep Baquer

de l'article. Però que els projectistes haurem de ser més agosarats i assumir les parets de tàpia com elements estructurals, no només com a parets de tancament o de distribució.

■ A tall de conclusió

Per criteris de preservació patrimonial de l'arquitectura, de sostenibilitat, d'eficiència energètica i també de "sentit comú", i sensibilitat ambiental, sempre val la pena estudiar a fons els edificis existents, bastits amb parets de càrrega de tàpia, per verificar-ne la seva aptitud de servei i per allargar-los-hi la vida útil.

No hi ha normativa al respecte. El Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) com se sap, està pensat de cara al projecte d'edificis de nova planta: no té en compte la rehabilitació. Només hi ha un annex (CTE-DB-SE-Annex D) que contempla la rehabilitació, considerant dos línies d'estudi: la qualitativa i la quantitativa. En el cas de les parets de tàpia, cal procedir en una primera fase a l'estudi qualitatiu per tal de poder en un segon temps fer-ne el quantitatiu. En el present article faig la proposta d'una manera de procedir a fer aquesta anàlisi, per analogia als estudis que acostumem a fer dels terrenys en què hem d'edificar.



Naus-magatzems en ús de la finca (vitivinícola) del Castell del Remei al Pla d'Urgell

Els projectistes haurem de ser més agosarats i assumir les parets de tàpia com elements estructurals, no només com a parets de tancament o de distribució.

El nou "Código estructural", que encara no sabem si entrarà en vigor, només contempla i de forma molt genèrica, alguns criteris pel que fa a

la rehabilitació d'estructures d'acer i de formigó. La rehabilitació encara queda més al descobert perquè no incorpora l'annex D, que era l'únic que ens permetia als tècnics, justificar d'alguna manera, "codi tècnic en mà", les decisions preses en projectar.

Cal promoure i potenciar totes les iniciatives orientades a la recuperació dels edificis construïts amb parets de tàpia i més encara, promoure els estudis que permetin poder projectar nous edificis amb aquest tipus de material amb funcions estructurals. ■

L'autor: Josep Baquer Sistach és arquitecte tècnic i consultor d'estructures (ACE)